

AT-NO: JP02002343787A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002343787 A

TITLE: PLASMA TREATMENT EQUIPMENT AND ITS CLEANING
METHOD

PUBN-DATE: November 29, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NUMAZAWA, YOICHIRO	N/A
WATABE, YOSHI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
RESEARCH INSTITUTE OF INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR THE EARTH	N/A

APPL-NO: JP2001148327

APPL-DATE: May 17, 2001

INT-CL (IPC): H01L021/31, B01J019/08 , C23C016/44 , H01L021/3065 ,
H05H001/46

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a plasma treatment equipment and a method for cleaning it by which the amount of exhaust gas is reduced by improving the usability of cleaning gas, its productivity is improved, the amount of usage of process gas is reduced and the process cost is reduced, and which help solve the problem of global warming and reduce the adhesion of film to the inner surface of its chamber.

SOLUTION: The plasma treatment equipment 31 is provided with an upper electrode 13 and a lower electrode 14 in its reaction case 11. Its first electrode is supplied with VHF band waves from a VHF band power

source 32, and
its lower electrode carries a substrate 12 and is moved by a
vertically moving
mechanism 35. The plasma treatment equipment 31 also has a cleaning
controller
36 by which the lower electrode 14 is moved by the vertically moving
mechanism
35 for reducing the space between the upper electrode 13 and the
lower
electrode 14, and forming a narrow space; and starts a cleaning
process by
specified high-density plasma in the narrow space after forming films
on the
substrate 12. A step cleaning is performed in the cleaning process.

COPYRIGHT: (C) 2003, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-343787
(P2002-343787A)

(43) 公開日 平成14年11月29日 (2002. 11. 29)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	チート* (参考)
H 0 1 L 21/31		H 0 1 L 21/31	C 4 G 0 7 5
B 0 1 J 19/08		B 0 1 J 19/08	H 4 K 0 3 0
C 2 3 C 16/44		C 2 3 C 16/44	J 5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/3065		H 0 5 H 1/46	M 5 F 0 4 5
H 0 5 H 1/46		H 0 1 L 21/302	N

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2001-148327(P2001-148327)

(22) 出願日 平成13年5月17日 (2001. 5. 17)

(71) 出願人 591178012

財団法人地球環境産業技術研究機構
京都府相楽郡木津町木津川台9丁目2番地

(72) 発明者 沼沢 陽一郎

東京都府中市四谷5丁目8番1号 アネル
パ株式会社内

(72) 発明者 渡部 嘉

東京都府中市四谷5丁目8番1号 アネル
パ株式会社内

(74) 代理人 100094020

弁理士 田宮 寛社

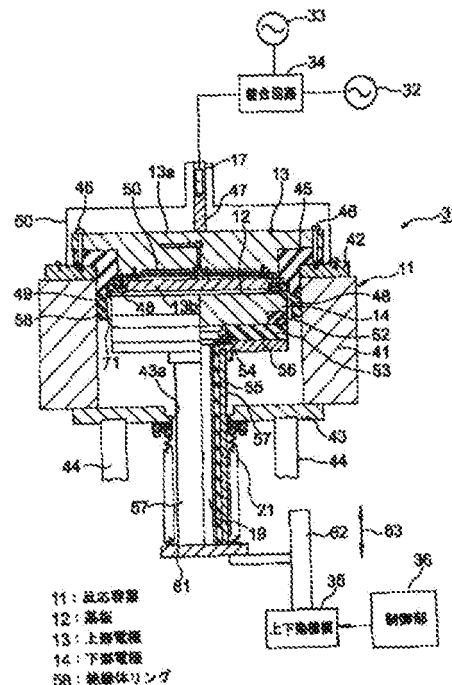
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置およびそのクリーニング方法

(57) 【要約】

【課題】 クリーニングガスの利用効率を高めて排出ガスを削減し、クリーニング速度を高め、生産性を良好にし、プロセスガスの使用量を削減し、プロセスコストを低減し、地球温暖化問題の解決に役立ち、チャンバの内面への膜付着を低減するプラズマ処理装置とそのクリーニング方法を提供する。

【解決手段】 反応容器11内に上部電極13と下部電極14を備え、第1電極にV H F帯高周波電源32からのV H F帯高周波が供給され、下部電極は基板12を搭載しかつ上下動機構33によって移動されるプラズマ処理装置31であり、基板12に対して成膜を行った後のクリーニング工程の際、上下動機構により下部電極を移動させて上部電極と下部電極の間の隙間を狭くし、狭空間を形成し、この狭空間で所定の高密度のプラズマでクリーニングを開始するクリーニング制御部36を有する。クリーニングプロセスではステップクリーニングが実施される。



11: 反応容器
12: 基板
13: 上部電極
14: 下部電極
32: 高周波電源
33: 上下動機構
34: スイッチ回路
35: ガス導入部
36: 制御部
37: 排気口
38: 下部電極駆動部
39: 上部電極駆動部
40: 反応室壁
41: 密封部
42: 排気導管
43: 排気弁
44: 排気導管
45: 排気導管
46: 排気導管
47: 排気導管
48: 排気導管
49: 排気導管
50: 排気導管
51: 排気導管
52: 排気導管
53: 排気導管
54: 排気導管
55: 排気導管
56: 排気導管
57: 排気導管
58: 排気導管

【特許請求の範囲】

【請求項1】 チャンバ内に第1電極と第2電極から成る電極構造を備え、前記第1電極にはVHF帯高周波電源からの高周波が供給され、前記第2電極は基板搭載部を有しかつ移動機構によって移動されるようにしたプラズマ処理装置において、

前記移動機構により前記第2電極を移動させて前記第1電極と前記第2電極の間隔を狭くして狭空間を形成し、この狭空間で所定の低密度の基板に対して成膜を行い、かつ成膜・基板搬出後のクリーニング工程の際、前記移動機構により前記第2電極を移動させて前記第1電極と前記第2電極の間隔を狭くし、狭空間を形成し、この狭空間で所定の高密度のプラズマでクリーニングを開始するクリーニング制御部を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 前記プラズマの前記高密度は $1\text{E}11\text{cm}^{-3}$ 以上であることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】 前記第1電極の主面から少なくとも3cmまでの前記チャンバの内壁部が絶縁物リングで覆われており、前記絶縁物リングと前記第2電極の側部との間に間隔が5mm以下の隙隙領域が形成されることを特徴とする請求項1または2記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】 前記絶縁物リングはアルマイトで作られていることを特徴とする請求項3記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】 前記VHF帯高周波電源からの高周波に対してLF帯低周波電源からの低周波が重畳されることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項6】 前記第1電極と前記第2電極は共に純度 $1\text{E}-4$ 以上の純アルミニウムで作られることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項7】 基板上に絶縁膜をプラズマCVDで成長させ、その後前記基板を取り出した後チャンバ内部に付着した膜をプラズマで取り除くクリーニング方法において、

クリーニング工程が複数のステップから成り、

前記クリーニング工程の第1ステップは、第1電極と第2電極の間隔が狭空間であり、かつVHF帯高周波の高電力領域で形成する高密度プラズマの状態で行われ、前記クリーニング工程の第2ステップは、前記第1電極の主面から所定距離下までの前記チャンバの内壁部を覆う絶縁物リングの下面まで前記第2電極を降下させ、この状態で前記VHF帯高周波の高電力領域で形成する高密度プラズマのみで行われ、

前記クリーニング工程の第3ステップは、前記第2電極を最下位まで降下させ、前記VHF帯高周波の低電力領域で形成するプラズマでクリーニングが行われる、ことを特徴とするプラズマ処理装置のクリーニング方法。

【請求項8】 前記第1電極と前記第2電極の間に形成される前記狭空間は1～2cmの間隔で形成されることを特徴とする請求項7記載のプラズマ処理装置のクリーニング方法。

【請求項9】 前記第1ステップおよび前記第2ステップにおける前記高密度プラズマの密度はほぼ $1\text{E}11\text{cm}^{-3}$ であり、前記第3ステップにおける前記低密度プラズマの密度はほぼ $1\text{E}10\text{cm}^{-3}$ であることを特徴とする請求項7または8記載のプラズマ処理装置のクリーニング方法。

【請求項10】 前記クリーニング工程の前記第1ステップと前記第2ステップのプラズマ形成が、前記VHF帯高周波電源からの高周波に対してLF帯低周波で源からのLF帯低周波が重畳されて行われることを特徴とする請求項7記載のプラズマ処理装置のクリーニング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマ処理装置およびそのクリーニング方法に関し、特に、クリーニングガスの利用効率を高めることにより排出ガス量を削減するクリーニング機能を有した大型のプラズマCVD処理装置およびそのクリーニングのプロセスに関する。

【0002】

【従来の技術】従来の例えばプラズマCVD処理装置では、専ら成膜プロセスからの要求に基づいて装置の設計を行っており、装置の成膜チャンバ内のクリーニングは成膜プロセスのチューニングとして付加されてきたにすぎない。また成膜チャンバの内部に、上部電極と下部電極から成る平行平板型電極構造を有し、高周波を上部電極等に給電し、そのエネルギーで放電を起し、プラズマを生成するようにしていた。上記高周波としては工業バンドで定められた13.56MHzのHF帯域の高周波が使用されていた。上記下部電極は基板ホルダとして機能し、その上には成膜対象である基板が搭載される。通常、下部電極は固定された構造で取り付けられていた。さらに下部電極は、通常、アルミニウム合金で作られるか、またはその一部が表面アルマイト処理されて作られていた、これに対して、上記の上部電極は純アルミニウムで作られている。

【0003】また従来技術を開示する文献として特開平10-237657号公報を挙げることができる。この公報に開示されるプラズマ処理装置では、反応槽(10：公報中で使用される番号)において、高周波が供給されるシャワーヘッド(21)、基板(70)が搭載されかつ基板昇降機構(50)によって昇降されるサセプタ(2)が設けられ、シャワーヘッドがチャンバ(31)の上に絶縁体(41)を介して固定される構造が示されている。絶縁体(41)はシャワーヘッド(21)とチャンバ(31)を電氣的に絶縁するために設けられ

ている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】近年、開発される大型のプラズマCVD処理装置等では、「クリーニングガスの利用効率を高くすることにより排出量を削減」するための装置コンセプトを先に考え、そのコンセプトの中に成膜プロセスからの要求を入れ込む装置設計が要求されつつある。従って、従来のごとく成膜チャンバ内のクリーニングプロセスを、成膜チャンバにおける成膜プロセスに対する付加的なプロセスとして位置づけることはできない。

【0005】また上記プラズマCVD処理装置等において、上記のHF帯高周波を用いることは、工業バンドを利用するという利点はあるが、平行平板型電極構造を有する装置で高密度のプラズマを発生させることは困難である。このことは成膜プロセスであってもクリーニングプロセスであっても同じである。

【0006】前述した従来のプラズマCVD処理装置によれば、上部電極と下部電極の間に生成されるプラズマの密度が低く、またバイアス電圧も印加されないの、上部電極や下部電極の材質は前述の通りで十分である。しかしながら、プラズマの密度を高くし、かつ高いバイアスがかかる場合には、成膜プロセスやクリーニングプロセス、あるいはチャンバのメンテナンスの上で不十分となる。

【0007】また高い密度でプラズマを生成してプラズマCVDによる成膜を行う場合、上部電極と、これに接近させた状態の下部電極との間に形成され、狭空間として形成されるプラズマ生成およびプラズマ処理の空間に対してチャンバの内面が露出していると、当該露出面に膜が付着し易くなり、クリーニングが面倒となり、クリーニングを効率よくできないという不具合を生じる。

【0008】本発明の目的は、上記の課題を解決することにより、例えば大型のプラズマCVD処理装置等で、クリーニングガスの利用効率を高めることにより排出ガスを削減し、クリーニング速度を高め、生産性を良好にし、プロセスガスの使用量を削減し、プロセスコストを低減し、地球温暖化問題の解決に役立つ、そしてチャンバの内面への膜付着を低減することを企図したプラズマ処理装置およびそのクリーニング方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段および作用】本発明に係るプラズマ処理装置およびそのクリーニング装置は、上記目的を達成するために、次のように構成される。

【0010】第1のプラズマ処理装置（請求項1に対応）は、真空中に減圧され得るチャンバ内に第1電極と第2電極から成る電極構造を備え、第1電極にはVHF帯高周波電源からの高周波が供給されると共に、第2電極は基板搭載部を有しかつ移動機構（上下動機構）によ

て移動されるようにしたプラズマ処理装置であって、移動機構により第2電極を移動させて第1電極と第2電極の隙間を狭くして狭空間を形成し、この狭空間で所定の低密度の基板に対して成膜を行い、かつ成膜・基板搬出後のクリーニング工程の際、移動機構により第2電極を移動させて第1電極と第2電極の間の隙間を狭くし、狭空間を形成し、この狭空間で所定の高密度のプラズマでクリーニングを開始するクリーニング制御部を有するように構成される。通常、第1電極は上部電極であり、第2電極は下部電極である。下部電極は、基板を搭載した状態で昇降させられる。

【0011】上記第1のプラズマ処理装置では、第1電極と第2電極が接近した状態の狭空間において高電力の高密度プラズマを生成させ、プラズマクリーニングを開始する構成を有している。

【0012】上記プラズマ処理装置において、好ましくは、プラズマの高密度は $1E11\text{ cm}^{-3}$ (10^{11} cm^{-3}) 以上であることを特徴とする（請求項2に対応）。

20 【0013】上記のプラズマ処理装置において、好ましくは、第1電極の主面から少なくとも3cmまでのチャンバの内壁部が絶縁物リングで覆われており、絶縁物リングと第2電極の側部との間に間隔が5mm以下の隘路領域が形成されることを特徴とする（請求項3に対応）。

【0014】上記のプラズマ処理装置において、好ましくは、絶縁物リングはアルマイトで作られていることを特徴とする（請求項4に対応）。

30 【0015】上記のプラズマ処理装置において、好ましくは、VHF帯高周波電源からの高周波に対してLF帯低周波電源からの低周波が重畳されることを特徴とする（請求項5に対応）。

【0016】上記のプラズマ処理装置において、好ましくは、第1電極と第2電極は共に純度 $1E^{-4}$ (10^{-4}) 以上の純アルミニウムで作られることを特徴とする（請求項6に対応）。

40 【0017】本発明に係るプラズマ処理装置のクリーニング方法（請求項7に対応）は、基板上に絶縁膜をプラズマCVDで成長させ、その後基板を取り出した後チャンバ内部に付着した膜をプラズマで取り除くクリーニング方法であり、クリーニング工程が複数のステップから成り、第1ステップは、第1電極と第2電極の間隔が狭空間であり、かつVHF帯高周波の高電力領域で形成する高密度プラズマの状態で行われ、第2ステップは、第1電極の主面から所定距離下までのチャンバの内壁部を覆う絶縁物リングの下面まで第2電極を降下させ、この状態でVHF帯高周波の高電力領域で形成する高密度プラズマのみで行われ、第3ステップは、第2電極を最下位まで降下させ、VHF帯高周波の低電力領域で形成するプラズマでクリーニングが行われる、ことで特徴づ

けられる。

【0018】上記のクリーニング方法において、好ましくは、第1電極と第2電極の間に形成される狭空間は1～2cmの間隔で形成されることを特徴とする（請求項8に対応）。

【0019】上記のクリーニング方法において、好ましくは、第1ステップおよび第2ステップにおける高密度プラズマの密度はほぼ $1\text{E}11\text{cm}^{-3}$ であり、第3ステップにおける低密度プラズマの密度はほぼ $1\text{E}10\text{cm}^{-3}$ であることを特徴とする（請求項9に対応）。

【0020】上記のクリーニング方法において、好ましくは、クリーニング工程の第1ステップと第2ステップのプラズマ形成が、VHF帯高周波電源からの高周波に対してLF帯低周波電源からのLF帯低周波が重畳されて行われることを特徴とする（請求項10に対応）。

【0021】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の好適な実施形態を添付図面に基づいて説明する。

【0022】実施形態で説明される構成、形状、大きさおよび配置関係については本発明が理解・実施できる程度に概略的に示したものにすぎず、また数値および各構成の組成（材質）について例示にすぎない。従って本発明は、以下に説明される実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に示される技術的思想の範囲を逸脱しない限り様々な形態に変更することができる。

【0023】以下の説明では大型のプラズマCVD装置の例を挙げて説明する。しかしながら、本発明はこれに限定されるものではなく、プラズマ処理装置に一般的に適用できるものである。

【0024】図1と図2はプラズマCVD装置の内部構成を示した断面図である。このプラズマCVD装置31は上部電極13と下部電極14から成る平行平板型電極構造を有している。上部電極13は、VHF帯高周波の高周波電源32とLF帯低周波の低周波電源33から整合回路34を介して2種類の周波が重畳されて供給される電極である。下部電極14は、基板搭載部となる基板ホルダステージを形成する接地電極である。下部電極14には上下動機構35が付設され、この上下動機構35によって下部電極14は昇降させられる。図1は下部電極14が上限位置にある状態を示しており、図2は下部電極14が下限位置にある状態を示している。

【0025】上記において、対向する2つの電極を「上部電極」と「下部電極」と述べたが、第1と第2の電極であればよく、上部と下部に限定されるものではない。

【0026】成膜チャンバを形成する反応容器11は、図示例では、密閉された構造で作られ、内部が所要の真空状態（減圧状態）になるように設定されている。反応容器11は金属材料で作られ、導電性を有している。反応容器11は、実際には、処理対象である基板12を搬入・搬出するポート、内部を所要の真空状態にする排気ポ

ートと排気装置等、放電を生じさせる放電ガスを導入するガス導入機構が付設されている。図1と図2では、上記要素に関して周知の構造が設けられていることから、説明の便宜上、それらの図示が省略されている。

【0027】反応容器11は、円筒形の側面部材41と、天井部材42と、底部材43とから構成されている。反応容器11は接地され、接地電位に保持されている。底部材43は、反応容器11の全体を支える複数本の支持柱44で支持されている。天井部材42の中央には開口部が形成され、この開口部にはリング状絶縁体45を介して上部電極13がボルト46によって取り付けられる。上部電極13は、上部部材13aと下部部材13bから構成されている。上部部材13aの上面の中心部に設けられた接続端部47には、高周波伝送ケーブル17が接続されている。上部部材13aの下面に下部部材13bがビス48で固定されている。ビス48によって、同時に、リング状の絶縁体49が上部電極13の下部部材13bの下面周縁部に取り付けられている。上部部材13aと下部部材13bの間のスペースと、上部部材13aの内部にはプロセスガスを流すガス流路50が形成されている。このガス流路50に放電ガスを導入するためのガス導入機構の図示は省略されている。

【0028】上部電極13と下部電極14は基本的に全体として円形の導電性平板の形態をなし、望ましい間隔で平行に対向して配置されている。上部電極13と下部電極14の間の間隔は、下部電極14の高さ位置を前述の上下動機構35によって変化させることにより、任意に変更することができる。

【0029】上部電極13は整合回路34を介して高周波電源32と低周波電源33に接続されている。高周波電源32はVHF帯に属する周波数の電力を出力する電源であり、低周波電源33はLF帯に属する周波数の電力を出力する電源である。高周波電源32から出力される高周波は好ましくは60MHzであり、低周波電源33から出力される低周波は好ましくは400KHzである。電源32、33の各々から出力される周波は整合回路34で重畳され、この状態で上部電極13に供給される。電源32、33から出力される高周波および低周波は、ケーブル17と接続端部47を経由して上部電極13に供給される。上部電極13に供給された周波は、上部電極13と下部電極14の間の隙間で発生させられる主放電のエネルギーとなる。

【0030】上記高周波電源32は、プラズマ放電を励起させるための電力であり、高密度プラズマを生成するための高電力等を供給する。その密度としては、代表的に $1\text{E}11\text{cm}^{-3}$ である。また低周波電源33は、プラズマの衝突エネルギーを決めるセルフバイアス電圧を与えるためのものである。

【0031】下部電極14の状面に基板12が搭載される。図2に示すごとく下部電極14が降下して下限位置

にあるときには、基板12は、押出し棒51で支持され、下部電極14の搭載面から浮いた状態にある。また図1に示すごとく下部電極14が上限位置にあるときには、下部電極14は上昇して上方に移動するので、基板12は下部電極14の上面に接触状態で搭載されている。

【0032】下部電極14が上昇して上限位置にあるとき、上部電極13と下部電極14で作られる空間は比較的狭く、狭空間が形成される。このとき、上部電極13の下面（主面）と下部電極14の上面の間隔は代表的に1〜2cm程度である。

【0033】下部電極14の裏面側には、リング状の第1絶縁体52、ドーナツ円板状の第2絶縁体53、リング状の第3絶縁体54、円筒状の第4絶縁体55が配置されている。第1から第4の絶縁体52〜55によって下部電極14の裏面と支柱19の表面の全部が覆われる。さらに第2〜第4の絶縁体53〜55の表面が2つの導電性部材56、57によって覆われている。絶縁体52〜55は、第1と第2の絶縁体52、53の側部周囲表面を除いて反応容器11内で露出するすべての表面が導電性部材56、57によって覆われている。

【0034】また上記構成において、固定された上部電極13の下面に対して、そこから下方へ代表的に少なくとも3cmの間隔の間において、反応容器11の内壁面を被うごとく絶縁体リング58が設けられている。この絶縁体リング58は、アルマイトのごとき材質で作られている。また下部電極14が上限位置にあるとき、下部電極14の周囲側面と絶縁体リング58の内面との間の距離は好ましくは5mm以下になっており、臨路（または臨路領域）71が形成される。

【0035】下部電極14の支柱19はロッド状であり、導電性を有する部材で作られている。支柱19の下端には導電性フランジ61が設けられている。下部電極14の支柱19およびこれに関連する部分は、底部材43の中央に形成された開口部43aを介して反応容器11の下側領域に延設される。これらの部分は、底部材43に形成された開口部43aの外側を覆うように底部材43の下面に取り付けられたベローズ21によって閉められている。すなわち開口部43aを形成する縁部とフランジ61との間には円筒状の導電性ベローズ21が設けられている。ベローズ21は開口部43aの縁部とフランジ61の周縁部とを密閉状態を保って連結している。

【0036】前述のごとく反応容器11は接地されており、接地電位に保持されている。下部電極14は、支柱19、フランジ61、ベローズ21を経由して反応容器11に電気的に接続されているので、同様に接地電位に保持されることになる。

【0037】図1と図2において、上記フランジ61は上下動機構35に取り付けられている。上下動機構35によって、フランジ61は案内部62に沿って矢印63

のごとく上下することができる。フランジ61の上下動作に伴って下部電極14およびこれに関連する構造部分も上下動する。ベローズ21は構造的に伸縮自在であるので、前述の密閉性を保持した状態で伸縮する。かかる構造に基づいて、下部電極14を上下させることができ、これにより、基板12の高さ位置を変化させると共に、上部電極13と下部電極14の間隔（距離）を変え、隙間の大きさを変化させることができる。上部電極13と下部電極14の間の隙間に主放電を起しプラズマを発生させて下部電極14の上の基板12にCVD作用に基づき成膜を行うときには、下部電極14を上限位置まで移動させ、上部電極13と下部電極14の間隔を小さくする。本実施形態による構造では、比較的狭く隙間のスペースに放電を立てプラズマを生成してCVD成膜を行うようにしている。基板12に対する成膜が完了したときには、上下動機構35によって下部電極14を下方へ移動させ、上部電極13と下部電極14の間隔を広げる。これにより処理対象である基板12を交換することが可能となる。

【0038】上記のごとく上下動機構35によって、図1と図2に示すごとく、下部電極14およびこれに関連する構造部分は、下限位置と上限位置の間において昇降する。かかる上下動機構35の動作は、コンピュータで構成される制御部36によって制御される。制御部36に付設されたメモリには、成膜プロセス、およびクリーニングプロセスを実行するためのプログラムが格納されている。

【0039】なお反応容器11の上側にはカバー60が固定され、反応容器11における上部電極13の上側を保護している。

【0040】図1および図2に示した構造において、下部電極14の裏面側の構造部分は、下部電極14の裏面を含め、接地電位部（フランジ部分）までの接続部分（支柱19）の外表面はすべて絶縁体52〜55で覆われ、当該絶縁体の部分は側面部分を除いて導電性部材56、57ですべて覆われている。この結果、下部電極14の裏面側における望ましくない放電の発生を防止することができる。

【0041】上記構成を有するプラズマCVD装置において、通常、下部電極14が上昇し上限位置にあるときには成膜プロセスが実行される位置であり、下部電極14が下降したときには基板搬送が行われる位置である。また成膜プロセスが終了した時に適宜なタイミング（基板搬出等の後）でプラズマを作ってクリーニングが行われる。このクリーニング工程は、複数のステップ（段階）からなるステップクリーニングである。このステップクリーニングでは、最初のステップで、下部電極14は上限位置に移動して、狭空間でプラズマ放電を助起し低密度等のプラズマを生成し、クリーニングを行う。ステップクリーニングの最終ステップでは、下部電極14

は下限位置まで移動される。

【0042】図1と図2に示した大型のプラズマCVD装置の反応容器11では、成膜プロセスの際に上部電極13と下部電極14の間の電極間隔が1~2cm、より好ましくは1cmと、ナローギャップ(狭空間)方式を採用している。すなわち狭空間成膜を行うように構成されている。このように電極間隔を狭くすることにより、プラズマを電極間に閉じ込めることが容易になる。

【0043】さらに、基板12を搭載する下部電極ステージ、すなわち下部電極14は、高周波をバイパスする構造を通して接地されている。この構造は、前述の通り、メタル(支柱19)と絶縁体(第4絶縁体55)とメタル(導電性部材57)から成る同軸型構造に基づいている。支柱19と導電性部材57は終端のフランジ61で電気的に接続され、接地されている。この構造を設けることにより、帰還高周波が下部電極14から漏れない。このことは、電磁界シミュレーションからも確認されている。

【0044】以上のごとく上記構造を採用することにより、プラズマを電極間の空間に閉じ込めることが可能となり、下部電極ステージの下側空間ではプラズマが生成されない。従って、下部電極ステージの下側空間等への成膜を防止することが可能となる。

【0045】また前述のごとく絶縁体リング58が設けられているため、成膜プロセスにおいて反応容器11の露出する内面に膜が付着するのを低減することができる。この理由を次に詳述する。

【0046】図3は上記理由を説明するための図である。図3で(A)は絶縁体リング58と狭空間として形成される成膜空間81との位置関係を部分的に示し、(B)は絶縁体リング58が設けられた状態での成膜時における反応容器11のZ方向での膜付着の程度を示す。図3(A)ではZ方向が示され、図3(B)は横軸がZ方向の距離(単位はcm)、縦軸が反応容器11の内壁面に付着する膜厚(単位はオングストロームÅ)を示している。図3(A)に示すごとく上部電極13と下部電極14との間の距離Dが例えば2cmであって成膜空間が狭空間であるときに成膜プロセスを行うと、図3(B)において明らかにされるように、反応容器11の内側壁面では、上部電極14の下面からほぼ2cm程度の下まではほぼ 10^4 Å程度の膜厚で膜が付着し、2cmから3cmの間で膜の付着量が大きく低減し、上部電極14の下面からほぼ3cm程度のところでは 10^1 Å程度になる。従って、その後の反応容器11の内面のクリーニング工程を考慮すると、上部電極14の下面からほぼ3cm程度の箇所まで絶縁体リング58で被うことが望ましい。

【0047】次にクリーニングプロセスを説明する。反応容器11内のクリーニングではステップクリーニングが実行される。ステップクリーニングは、プラズマ空間

を時間の経過に伴って段階的に広げるクリーニングプロセスであり、条件が異なる複数のステップから成るクリーニング方法である。ステップクリーニングでは、クリーニング開始時には下部電極14は上昇して成膜プロセス時の位置にあり、プラズマ空間は狭くされる。このため、この状態のクリーニングでは、最も厚く膜が堆積している上部電極13と下部電極14の両電極に高周波電力を集中することができる。続いて、下部電極14を段階的(ステップ的)に下降させることにより、上部電極13と下部電極14と反応容器11の一部で形成されている広い空間を各壁面に対するクリーニングを行う。ステップクリーニングの最終段階では、下部電極14が基板搬送の位置まで下降し、これにより下部電極14の基板12を搭載するステージ表面から突き出ているリフトピンの頭のクリーニングが行われる。

【0048】より具体的には、好ましくは第1から第3のステップで構成される。第1ステップは、上部電極13と下部電極14の間隔が狭空間であり、かつVHF帯高周波の高電力領域で形成する高密度プラズマの状態で行われ、第2ステップは、下部電極14の下面(主面)から絶縁物リング58の下面まで下部電極14を降下させ、この状態でVHF帯高周波の高電力領域で形成する高密度プラズマのみで行われ、第3ステップは、下部電極14を最下位まで降下させ、VHF帯高周波の低電力領域で形成する低密度プラズマでクリーニングが行われる。なおVHF帯の高周波を利用してプラズマを生成するとき、電力を調整することによりプラズマの密度を調整することも可能である。

【0049】第1ステップと第2ステップでは、反応容器11の内面は絶縁体リング58で被われているので、高密度プラズマでクリーニングを行うことができる。第3ステップでは、反応容器11の内面が現れ、かつ反応容器11はアルミニウム合金で作られているため、低密度プラズマでクリーニングを行うようにしている。

【0050】上記クリーニング方法で第1ステップおよび第2ステップにおける高密度プラズマの密度はほぼ $1\text{E}11\text{cm}^{-3}$ であり、第3ステップにおける低密度プラズマの密度はほぼ $1\text{E}10\text{cm}^{-3}$ である。

【0051】なお上記のステップクリーニングで、ステップ数やどのようなタイミングでステップ降下を行うかについては、目的に応じて、装置に応じて任意に定めることができる。

【0052】本実施形態では、高周波電源32から供給されるVHF帯の高周波(代表的に60MHz)で高密度プラズマを生成している。プラズマの励起周波数を高くすることにより、通常、プラズマ密度を高くできることが知られているが、本実施形態によればプラズマ密度を高くすることでクリーニングガスの高次解離が促進している。その結果、酸化膜のエッチングに有効であるフラジカル量を多くすることができる。

【0053】本実施形態に係る大型のプラズマCVD装置の反応容器11では、従来の13.56MHzの代わりに例えば60MHzで3kWのプラズマ励起用高周波を供給する高周波電源32を搭載している。さらに、イオン衝撃による酸化膜のエッチング速度の向上を目的として400kHzでのバイアス印加プロセスのための低周波電源33も組み込んでいる。すなわち、本実施形態では、高周波の安定伝送を図るために、400kHzの低周波を上記高周波に重畳して上部電極13に印加している。

【0054】また上記プラズマCVD装置において、上部電極13と下部電極14の間の空間を狭空間として成膜を行うので、成膜における均一性を確保できる。狭空間成膜での均一性を確保するために、装置部品の精度向上が図られている。一般に基板12の表面上で成膜を均一に行うポイントは、均一なプラズマを生成すること、および下部電極14上での均一性の良いガス密度分布を作ること、である。この観点で、本実施形態によるプラズマCVD装置は、次の点の特徴を有する。

【0055】下部電極14のステージ上で均一性の良いガス密度分布を形成する。このプラズマCVD装置でも、ガス供給は、上部電極13に設けたシャワー部を通して行っている。下部電極14上でのガス密度分布均一性を決める第1の要因は、シャワー部のシャワー孔の配列にある。電極間隔は1cmでも均一ガス分子供給を可能とするため、シャワー孔間の距離を好ましくは4mmにしている。

【0056】ガス密度分布の均一性を決める第2の要因は下部電極14上で対称かつ均一なガス流を生成させることである。そのため、下部電極14の側部と反応容器11の内壁に設けた絶縁体リング58との間を5mmとする隘路71を設けている。この隘路71を設けることにより、当該隘路のガス流れコンダクタンスが小さくなる。従って、上部電極13と下部電極14の電極間空間におけるガス流れは、反応容器11の下部におけるコンダクタンス分布の影響を受けにくくなる。その結果として、下部電極14の下側の反応容器壁に排気口を設けた側面排気であるにも拘わらず、電極間空間において対称性の良いガス流れを得ることができる。

【0057】成膜プロセスでのガスの流れについて説明する。上記視点に基づき、成膜プロセス時の電極間隔1cmの場合についてのみ、ガスの流れをシミュレートした状態を図4に示す。最初にガスとしてArガスを用いた場合の結果を示す。排気口での圧力を300Paと固定し、上部電極13のシャワー部から導入するガス流量を500sccmと変化させシミュレートした結果を示している。このシミュレーションから明らかなように、前述のごとく隘路71の間隔を好ましくは5mmとすることにより、渦等がないガス流れが得られていることが分かる。

【0058】上記において上部電極13と下部電極14は共に1E-4以上の純アルミニウムで作られているので、Fラジカルによる腐食が小さくなる。

【0059】また上記第1ステップにおいて、HF帯高周波を利用して、上部電極13、下部電極14、絶縁体等の表面での電界を強く（バイアス印加）すると、イオン運動エネルギーの効果でクリーニング速度が増加させることができる。

【0060】なお具体的な実施例として、シリコン酸化膜を成膜するときには、プロセスガスとしてSiH₄、N₂O、希釈されたArが使用され、圧力が300Pa、基板温度が300℃の条件が設定される。またシリコン窒化膜を成膜するときには、プロセスガスとしてSiH₄、NH₃、N₂が使用され、圧力が300Pa、基板温度が300℃の条件が設定される。またクリーニングプロセスとしては、C₂F₆（パーフロロカーボン）、O₂が使用され、上記ステップクリーニングによってクリーニング速度が増大される。

【0061】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように本発明によれば次の効果を奏する。

【0062】例えば大型のプラズマCVD処理装置等で、クリーニング工程においてステップクリーニングを採用するようにしたため、クリーニングガスの利用効率を高めることができ、これにより排出ガス量を削減することができ、クリーニング速度を高めることができ、生産性を良好にし、プロセスガスの使用量を削減し、プロセスコストを低減することができる。特に、第1ステップと第2ステップにおいて高密度プラズマクリーニングによりC₂F₆の解離を高めることができるので、使用量を削減でき、地球温暖化問題の解決に役立たせることができる。また成膜チャンの上部電極の主面から所定距離まで絶縁体リングで被うようにしたため、成膜チャンバ内における内面への膜付着量を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るプラズマ処理装置の内部構造の縦断面図である。

【図2】本発明の実施形態に係るプラズマ処理装置の内部構造の他の状態を示す縦断面図である。

【図3】(A)は絶縁体リングと成膜空間との位置的関係を部分的に示す図であり、(B)は絶縁体リング58が設けられた状態での成膜時における反応容器11のZ方向での膜付着の程度を示す。

【図4】成膜プロセスの際のガスの流れをシミュレートした状態図である。

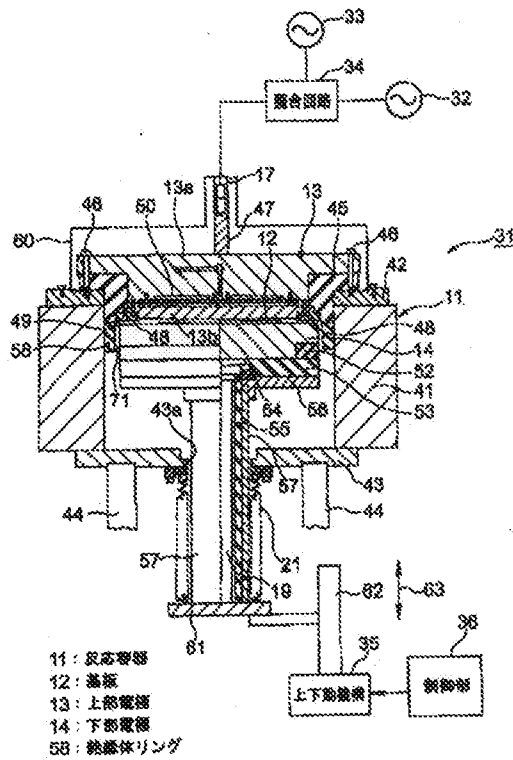
【符号の説明】

11	反応容器
12	基板
13	上部電極
14	下部電極

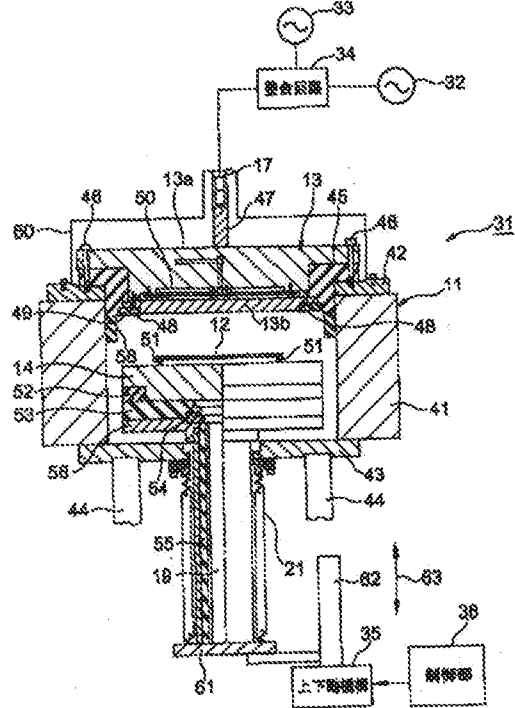
13
31 プラズマ処理装置
32 高周波電源
33 低周波電源
35 上下動機構

14
36 制御部
58 絶縁体リング
71 腔路(または腔路領域)
81 成膜空間

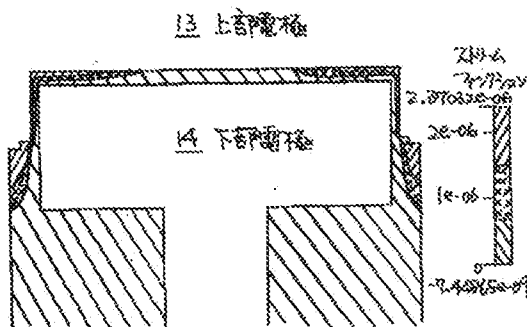
【図1】



【図2】

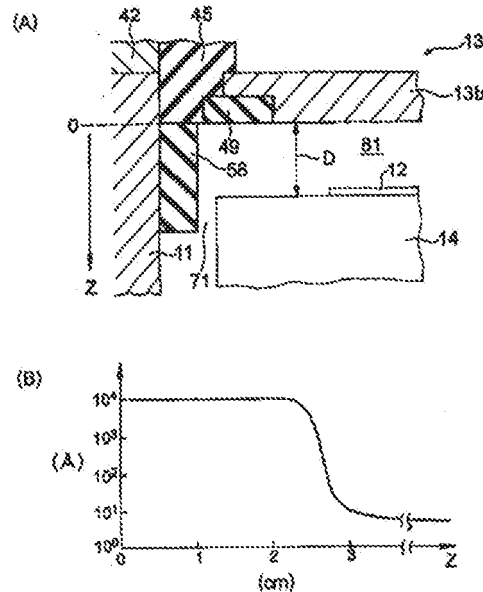


【図4】



ガス流れ(500 sccm, 300 Pa)

【図3】



【手続補正書】

【提出日】平成13年6月22日（2001. 6. 22）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】プラズマ処理装置およびそのクリーニング方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 チャンバ内に第1電極と第2電極から成る電極構造を備え、前記第1電極にはVHF帯高周波電源からのVHF帯高周波が供給され、前記第2電極は基板搭載部を有しかつ移動機構によって移動されるようにしたプラズマ処理装置において、前記移動機構により前記第2電極を移動させて前記第1電極と前記第2電極の間隔を狭くして狭空間を形成し、この狭空間で所定の低密度のプラズマで基板に対して成膜を行い、かつ成膜・基板搬出後のクリーニング工程の際、前記移動機構により前記第2電極を移動させて前記第1電極と前記第2電極の間隔を狭くし、狭空間を形成し、この狭空間で所定の高密度のプラズマでクリーニングを開始するクリーニング制御部を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 前記プラズマの前記高密度は電子密度の指標として $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上であることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】 前記第1電極の主面から少なくとも3cmまでの前記チャンバの内壁部が絶縁物リングで覆われており、前記絶縁物リングと前記第2電極の側部との間に間隔が5mm以下の隙路領域が形成されることを特徴とする請求項1または2記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】 前記絶縁物リングはアルマイト（酸化アルミニウム）で作られていることを特徴とする請求項3記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】 前記VHF帯高周波電源からの高周波に対してLF帯低周波電源からのLF帯低周波が重畳されることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項6】 前記第1電極と前記第2電極は共に純度1B-4以上の純アルミニウムで作られることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項7】 基板上に絶縁膜をプラズマCVDで成長させ、その後前記基板を取り出した後チャンバ内部に付着した膜をプラズマで取り除くクリーニング方法において、

クリーニング工程が複数のステップから成り、前記クリーニング工程の第1ステップは、第1電極と第2電極の間隔が狭空間であり、かつVHF帯高周波の高電力領域で形成する高密度プラズマの状態で行われ、

前記クリーニング工程の第2ステップは、前記第1電極の主面から所定距離下までの前記チャンバの内壁部を覆う絶縁物リングの下面まで前記第2電極を降下させ、この状態で前記VHF帯高周波の高電力領域で形成する高密度プラズマのみで行われ、

前記クリーニング工程の第3ステップは、前記第2電極を最下位まで降下させ、前記VHF帯高周波の低電力領域で形成するプラズマでクリーニングが行われる、ことを特徴とするプラズマ処理装置のクリーニング方法。

【請求項8】 前記第1電極と前記第2電極の間に形成される前記狭空間は1~2cmの間隔で形成されることを特徴とする請求項7記載のプラズマ処理装置のクリーニング方法。

【請求項9】 前記第1ステップおよび前記第2ステップにおける前記高密度プラズマの密度はほぼ $1E11\text{ cm}^{-3}$ であり、前記第3ステップにおける前記低密度プラズマの密度はほぼ $1E10\text{ cm}^{-3}$ であることを特徴とする請求項7または8記載のプラズマ処理装置のクリーニング方法。

【請求項10】 前記クリーニング工程の前記第1ステップと前記第2ステップのプラズマ形成が、前記VHF帯高周波電源からの高周波に対してLF帯低周波電源からのLF帯低周波が重畳されて行われることを特徴とする請求項7記載のプラズマ処理装置のクリーニング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマ処理装置およびそのクリーニング方法に関し、特に、クリーニングガスの利用効率を高めることによりPEC（パーフロロカーボン）排出ガス量を削減するクリーニング機能を有した大型のプラズマCVD処理装置およびそのクリーニングのプロセスに関する。

【0002】

【従来の技術】従来の例えばプラズマCVD処理装置では、専ら成膜プロセスからの要求に基づいて装置の設計を行っており、装置の成膜チャンバ内のクリーニングは成膜プロセスのチューニングとして付加されてきたにすぎない。また成膜チャンバの内部に、上部電極と下部電極から成る平行平板型電極構造を有し、高周波を上部電極等に給電し、そのエネルギーで放電を起し、プラズマを生成するようにしていた。上記高周波としては工業バンドで定められた13.56MHzのHF帯域の高周波が使用されていた。上記下部電極は基板ホルダとして機能し、その上には成膜対象である基板が搭載される。通常、下部電極は固定された構造で取り付けられていた。さらに下部電極は、通常、アルミニウム合金で作られるか、またはその一部が表面アルマイト処理（表面酸化アルミニウム処理）されて作られていた。これに対して、

上記の上部電極は純アルミニウムで作られている。

【0003】また従来技術を開示する文献として特開平10-237657号公報を挙げることができる。この公報に開示されるプラズマ処理装置では、反応槽（10：公報中で使用される番号）において、高周波が供給されるシャワーヘッド（21）、基板（70）が搭載されかつ基板昇降機構（50）によって昇降されるサセプタ（2）が設けられ、シャワーヘッドがチャンバ（31）の上に絶縁体（41）を介して固定される構造が示されている。絶縁体（41）はシャワーヘッド（21）とチャンバ（31）を電気的に絶縁するために設けられている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】近年、開発される大型のプラズマCVD処理装置等では、「PECクリーニングガスの利用効率を高くすることにより排出量を削減」するための装置コンセプトを先に考え、そのコンセプトの中に成膜プロセスからの要求を入れ込む装置設計が要求されつつある。従って、従来のごとく成膜チャンバ内のクリーニングプロセスを、成膜チャンバにおける成膜プロセスに対する付加的なプロセスとして位置づけることはできない。

【0005】また上記プラズマCVD処理装置等において、上記の13.56MHzのHF帯高周波を用いることは、工業バンドを利用するという利点はあるが、平行平板型電極構造を有する装置で高密度のプラズマを発生させることは困難である。このことは成膜プロセスであってもクリーニングプロセスであっても同じであるが、特にクリーニングプロセスにおいてより重要な意味を持つ。

【0006】前述した従来のプラズマCVD処理装置によれば、上部電極と下部電極の間で生成されるプラズマの密度が低く、またバイアス電圧も印加されないため、上部電極や下部電極の材質は前述の通りで十分である。しかしながら、プラズマの密度を高くし、かつ高いバイアスがかかる場合には、成膜プロセスやクリーニングプロセス、あるいはチャンバのメンテナンスの上で不十分となる。

【0007】また高い密度でプラズマを生成してプラズマCVDによる成膜を行う場合、上部電極と、これに接近させた状態の下部電極との間に形成され、狭空間として形成されるプラズマ生成およびプラズマ処理の空間に対してチャンバの内面が露出していると、当該露出面に膜が付着し易くなり、クリーニングが面倒となり、クリーニングを効率よくできないという不具合を生じる。

【0008】本発明の目的は、上記の課題を解決することにより、例えば大型のプラズマCVD処理装置等で、クリーニングガスの利用効率を高めることにより排出ガス量を削減し、クリーニング速度を高め、生産性を良好にし、プロセスガスの使用量を削減し、プロセスコスト

を低減し、地球温暖化問題の解決に役立つ、そしてチャンバの内面への膜付着を低減することを企図したプラズマ処理装置およびそのクリーニング方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段および作用】本発明に係るプラズマ処理装置およびそのクリーニング装置は、上記目的を達成するために、次のように構成される。

【0010】第1のプラズマ処理装置（請求項1に対応）は、真空中に減圧され得るチャンバ内に第1電極と第2電極から成る電極構造を備え、第1電極にはVHF帯高周波電源からの高周波が供給されると共に、第2電極は基板搭載部を有しかつ移動機構（上下動機構）によって移動されるようにしたプラズマ処理装置であって、移動機構により第2電極を移動させて第1電極と第2電極の隙間を狭くして狭空間を形成し、この狭空間で所定の低密度のプラズマで基板に対して成膜を行い、かつ成膜・基板搬出後のクリーニング工程の際、移動機構により第2電極を移動させて第1電極と第2電極の間の隙間を狭くし、狭空間を形成し、この狭空間で所定の高密度のプラズマでクリーニングを開始するクリーニング副側部を有するように構成される。通常、第1電極は上部電極であり、第2電極は下部電極である。下部電極は、基板を搭載した状態で昇降させられる。

【0011】上記第1のプラズマ処理装置では、第1電極と第2電極が接近した状態の狭空間において高電力の高密度プラズマを生成させ、プラズマクリーニングを開始する構成を有している。

【0012】上記プラズマ処理装置において、好ましくは、プラズマの高密度は電子密度の指標として $1\text{E}11\text{cm}^{-3}$ （ 10^{11}cm^{-3} ）以上であることを特徴とする（請求項2に対応）。

【0013】上記のプラズマ処理装置において、好ましくは、第1電極の主面から少なくとも3cmまでのチャンバの内壁部が絶縁物リングで覆われており、絶縁物リングと第2電極の側部との間に間隔が5mm以下の隙間領域が形成されることを特徴とする（請求項3に対応）。

【0014】上記のプラズマ処理装置において、好ましくは、絶縁物リングはアルマイト（酸化アルミニウム）で作られていることを特徴とする（請求項4に対応）。

【0015】上記のプラズマ処理装置において、好ましくは、VHF帯高周波電源からの高周波に対してLF帯低周波電源からのLF帯低周波が重畳されることを特徴とする（請求項5に対応）。

【0016】上記のプラズマ処理装置において、好ましくは、第1電極と第2電極は共に純度 $1\text{E}4$ （10⁻⁴）以上の純アルミニウムで作られることを特徴とする（請求項6に対応）。

【0017】本発明に係るプラズマ処理装置のクリーニ

ング方法（請求項7に対応）は、基板上に絶縁膜をプラズマCVDで成長させ、その後に基板を取り出した後チャンバ内部に付着した膜をプラズマで取り除くクリーニング方法であり、クリーニング工程が複数のステップから成り、第1ステップは、第1電極と第2電極の間隔が狭空間であり、かつVHF帯高周波の高電力領域で形成する高密度プラズマの状態で行われ、第2ステップは、第1電極の主面から所定距離下までのチャンバの内壁部を覆う絶縁物リングの下面まで第2電極を降下させ、この状態でVHF帯高周波の高電力領域で形成する高密度プラズマのみで行われ、第3ステップは、第2電極を最下位まで降下させ、VHF帯高周波の低電力領域で形成するプラズマでクリーニングが行われる、ことで特徴づけられる。

【0018】上記のクリーニング方法において、好ましくは、第1電極と第2電極の間に形成される狭空間は1～2cmの間隔で形成されることを特徴とする（請求項8に対応）。

【0019】上記のクリーニング方法において、好ましくは、第1ステップおよび第2ステップにおける高密度プラズマの密度はほぼ $1\text{E}11\text{cm}^{-3}$ であり、第3ステップにおける低密度プラズマの密度はほぼ $1\text{E}10\text{cm}^{-3}$ であることを特徴とする（請求項9に対応）。

【0020】上記のクリーニング方法において、好ましくは、クリーニング工程の第1ステップと第2ステップのプラズマ形成が、VHF帯高周波電源からの高周波に対してLF帯低周波電源からのLF帯低周波が重畳されて行われることを特徴とする（請求項10に対応）。

【0021】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の好適な実施形態を添付図面に基づいて説明する。

【0022】実施形態で説明される構成、形状、大きさおよび配置関係については本発明が理解・実施できる程度に概略的に示したものにすぎず、また数値および各構成の組成（材質）について例示にすぎない。従って本発明は、以下に説明される実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に示される技術的思想の範囲を逸脱しない限り様々な形態に変更することができる。

【0023】以下の説明では大型のプラズマCVD装置の例を挙げて説明する。しかしながら、本発明はこれに限定されるものではなく、プラズマ処理装置に一般的に適用できるものである。

【0024】図1と図2はプラズマCVD装置の内部構成を示した断面図である。このプラズマCVD装置31は上部電極13と下部電極14から成る平行平板型電極構造を有している。上部電極13は、VHF帯高周波の高周波電源32とLF帯低周波の低周波電源33から整合回路34を介して2種類の周波が重畳されて供給される電極である。下部電極14は、基板搭載部となる基板ホルダステージを形成する接地電極である。下部電極1

4には上下動機構35が付設され、この上下動機構35によって下部電極14は昇降させられる。図1は下部電極14が上限位置にある状態を示しており、図2は下部電極14が下限位置にある状態を示している。

【0025】上記において、対向する2つの電極を「上部電極」と「下部電極」と述べたが、第1と第2の電極であればよく、上部と下部に限定されるものではない。

【0026】成膜チャンバを形成する反応容器11は、図示例では、密閉された構造で作られ、内部が所要の真空状態（減圧状態）になるように設定されている。反応容器11は金属材料で作られ、導電性を有している。反応容器11は、実際には、処理対象である基板12を搬入・搬出するポート、内部を所要の真空状態にする排気ポートと排気装置等、放電を生じさせる放電ガスを導入するガス導入機構が付設されている。図1と図2では、上記要素に関して周知の構造が設けられていることから、説明の便宜上、それらの図示が省略されている。

【0027】反応容器11は、円筒形の側面部材41と、天井部材42と、底部材43とから構成されている。反応容器11は接地され、接地電位に保持されている。底部材43は、反応容器11の全体を支える複数本の支持柱44で支持されている。天井部材42の中央には開口部が形成され、この開口部にはリング状絶縁体45を介して上部電極13がボルト46によって取り付けられる。上部電極13は、上部部材13aと下部部材13bから構成されている。上部部材13aの上面の中心部に設けられた接続端部47には、高周波伝送ケーブル17が接続されている。上部部材13aの下面に下部部材13bがビス48で固定されている。ビス48によって、同時に、リング状の絶縁体49が上部電極13の下部部材13bの下面周縁部に取り付けられている。上部部材13aと下部部材13bの間のスペースと、上部部材13aの内部にはプロセスガスを流すガス流路50が形成されている。このガス流路50に放電ガスを導入するためのガス導入機構の図示は省略されている。

【0028】上部電極13と下部電極14は基本的に全体として円形の導電性平板の形態をなし、望ましい間隔で平行に対向して配置されている。上部電極13と下部電極14の間隔は、下部電極14の高さ位置を前述の上下動機構35によって変化させることにより、任意に変更することができる。

【0029】上部電極13は整合回路34を介して高周波電源32と低周波電源33に接続されている。高周波電源32はVHF帯に属する周波数の電力を出力する電源であり、低周波電源33はLF帯に属する周波数の電力を出力する電源である。高周波電源32から出力される高周波は好ましくは60MHzであり、低周波電源33から出力される低周波は好ましくは400kHzである。電源32、33の各々から出力される周波は整合回路34で重畳され、この状態で上部電極13に供給され

る。電源32、33から出力される高周波および低周波は、ケーブル17と接続端部47を経由して上部電極13に供給される。上部電極13に供給された周波は、上部電極13と下部電極14の間の隙間で発生させられる主放電のエネルギーとなる。

【0030】上記高周波電源32は、プラズマ放電を励起させるための電源であり、高密度プラズマを生成するための高電力等を供給する。その密度としては、代表的に $1\text{E}11\text{cm}^{-3}$ である。また低周波電源33は、プラスイオンの衝突エネルギーを決めるバイアス電圧を与えるためのものである。

【0031】下部電極14の上面に基板12が搭載される。図2に示すごとく下部電極14が降下して下限位置にあるときには、基板12は、押出し棒51で支持され、下部電極14の搭載面から浮いた状態にある。また図1に示すごとく下部電極14が上限位置にあるときには、下部電極14は上昇して上方に移動するので、基板12は下部電極14の上面に接触状態で搭載されている。

【0032】下部電極14が上昇して上限位置にあるとき、上部電極13と下部電極14で作られる空間は比較的に狭く、狭空間が形成される。このとき、上部電極13の下面（主面）と下部電極14の上面の間隔は代表的に1～2cm程度である。

【0033】下部電極14の裏面側には、リング状の第1絶縁体52、ドーナツ円板状の第2絶縁体53、リング状の第3絶縁体54、円筒状の第4絶縁体55が配置されている。第1から第4の絶縁体52～55によって下部電極14の裏面と支柱19の表面の全部が覆われる。さらに第2～第4の絶縁体53～55の表面が2つの導電性部材56、57によって覆われている。絶縁体52～55は、第1と第2の絶縁体52、53の側面周囲表面を除いて反応容器11内で露出するすべての表面が導電性部材56、57によって覆われている。

【0034】また上記構成において、固定された上部電極13の下面に対して、そこから下方へ代表的に少なくとも3cmの間隔の間において、反応容器11の内壁面を被うごとく絶縁体リング58が設けられている。この絶縁体リング58は、アルマイト（酸化アルミニウム）のごとき材質で作られている。また下部電極14が上限の位置にあるとき、下部電極14の周囲側面と絶縁体リング58の内面との間の距離は好ましくは5mm以下になっており、隘路（または隘路領域）71が形成される。

【0035】下部電極14の支柱19はロッド状であり、導電性を有する部材で作られている。支柱19の下端には導電性フランジ61が設けられている。下部電極14の支柱19およびこれに関連する部分は、底部材43の中央に形成された開口部43aを介して反応容器11の下側領域に延設される。これらの部分は、底部材4

3に形成された開口部43aの外側を覆うように底部材43の下面に取り付けられたベローズ21によって囲まれている。すなわち開口部43aを形成する縁部とフランジ61との間には円筒状の導電性ベローズ21が設けられている。ベローズ21は開口部43aの縁部とフランジ61の周縁部とを密閉状態を保って連結している。

【0036】前述のごとく反応容器11は接地されており、接地電位に保持されている。下部電極14は、支柱19、フランジ61、ベローズ21を経由して反応容器11に電氣的に接続されているので、同様に接地電位に保持されることになる。

【0037】図1と図2において、上記フランジ61は上下動機構35に取り付けられている。上下動機構35によって、フランジ61は案内部62に沿って矢印63のごとく上下することができる。フランジ61の上下動作に伴って下部電極14およびこれに関連する構造部分も上下動する。ベローズ21は構造的に伸縮自在であるので、前述の密閉性を保持した状態で伸縮する。かかる構造に基づいて、下部電極14を上下させることができ、これにより、基板12の高さ位置を変化させると共に、上部電極13と下部電極14の間隔（距離）を変え、隙間の大きさを変化させることができる。上部電極13と下部電極14の間の隙間に主放電を起しプラズマを発生させて下部電極14の上の基板12にCVD作用に基づき成膜を行うときには、下部電極14を上限位置まで移動させ、上部電極13と下部電極14の間の距離を小さくする。本実施形態による構造では、比較的狭い間隔のスペースに放電を立てプラズマを生成してCVD成膜を行うようにしている。基板12に対する成膜が完了したときには、上下動機構35によって下部電極14を下方へ移動させ、上部電極13と下部電極14の間隔を広げる。これにより処理対象である基板12を交換することが可能となる。

【0038】上記のごとく上下動機構35によって、図1と図2に示すごとく、下部電極14およびこれに関連する構造部分は、下限位置と上限位置の間において昇降する。かかる上下動機構35の動作は、コンピュータで構成される制御部36によって制御される。制御部36に付設されたメモリには、成膜プロセス、およびクリーニングプロセスを実行するためのプログラムが格納されている。

【0039】なお反応容器11の上側にはカバー60が固定され、反応容器11における上部電極13の上側を保護している。

【0040】図1および図2に示した構造において、下部電極14の裏面側の構造部分は、下部電極14の裏面を含め、接地電位部（フランジ部分）までの接続部分（支柱19）の外表面はすべて絶縁体52～55で覆われ、当該絶縁体の部分は側面部分を除いて導電性部材56、57ですべて覆われている。この結果、下部電極1

4の裏面側における望ましくない放電の発生を防止することができる。

【0041】上記構成を有するプラズマCVD装置において、通常、下部電極14が上昇し上限位置にあるときには成膜プロセスが実行される位置であり、下部電極14が下降したときには基板搬送が行われる位置である。また成膜プロセスが終了した時に適宜なタイミング（基板搬出等の後）でプラズマを作ってクリーニングが行われる。このクリーニング工程は、複数のステップ（段階）からなるステップクリーニングである。このステップクリーニングでは、最初のステップで、下部電極14は上限位置に移動して、狭空間でプラズマ放電を励起し低密度等のプラズマを生成し、クリーニングを行う。ステップクリーニングの最終ステップでは、下部電極14は下限位置まで移動される。

【0042】図1と図2に示した大型のプラズマCVD装置の反応容器11では、成膜プロセスの際に上部電極13と下部電極14の間の電極間隔が1～2cm、より好ましくは1cmと、ナローギャップ（狭空間）方式を採用している。このように電極間隔を狭くすることにより、プラズマを電極間に閉じ込めることが容易になる。

【0043】さらに、基板12を搭載する下部電極ステージ、すなわち下部電極14は、高周波をバイパスする構造を通して接地されている。この構造は、前述の通り、メタル（支柱19）と絶縁体（第4絶縁体55）とメタル（導電性部材57）から成る同軸型構造に基づいている。支柱19と導電性部材57は終端のフランジ61で電氣的に接続され、接地されている。この構造を設けることにより、帰還高周波が下部電極14から漏れない。このことは、電磁界シミュレーションからも確認されている。

【0044】以上のごとく上記構造を採用することにより、プラズマを電極間の空間に閉じ込めることが可能となり、下部電極ステージの下側空間ではプラズマが生成されない。従って、下部電極ステージの下側空間等への成膜を防止することが可能となる。

【0045】また前述のごとく絶縁体リング58が設けられているため、成膜プロセスにおいて反応容器11の露出する内面に膜が付着するのを低減することができる。この理由を次に詳述する。

【0046】図3は上記理由を説明するための図である。図3で（A）は絶縁体リング58と狭空間として形成される成膜空間81との位置的關係を部分的に示し、（B）は絶縁体リング58が設けられた状態での成膜時における反応容器11のZ方向での膜付着の程度を示す。図3（A）ではZ方向が示され、図3（B）は横軸がZ方向の距離（単位はcm）、縦軸が反応容器11の内壁面に付着する膜厚（単位はオングストローム）を示している。図3（A）に示すごとく上部電極13と下

部電極14との間の距離Dが例えば2cmであって成膜空間が狭空間であるときに成膜プロセスを行うと、図3(B)において明らかにされるように、反応容器11の内側壁面では、上部電極14の下面からほぼ2cm程度の下まではほぼ 10^4 程度の膜厚で膜が付着し、2cmから3cmの間で膜の付着量が大きく低減し、上部電極14の下面からほぼ3cm程度のところでは 10^4 程度になる。従って、その後の反応容器11の内面のクリーニング工程を考慮すると、上部電極14の下面からほぼ3cm程度の箇所まで絶縁体リング58で被うことが望ましい。

【0047】次にクリーニングプロセスを説明する。反応容器11内のクリーニングではステップクリーニングが実行される。ステップクリーニングは、プラズマ空間を時間の経過に伴って段階的に広げるクリーニングプロセスであり、条件が異なる複数のステップから成るクリーニング方法である。ステップクリーニングでは、クリーニング開始時には下部電極14は上昇して成膜プロセス時の位置にあり、プラズマ空間は狭くされる。このため、この状態のクリーニングでは、最も厚く膜が堆積している上部電極13と下部電極14の両電極に高周波電力を集中することができる。続いて、下部電極14を段階的(ステップ的)に下降させることにより、上部電極13と下部電極14と反応容器11の一部で形成されている広い空間を各壁面に対するクリーニングを行う。ステップクリーニングの最終段階では、下部電極14が基板搬送の位置まで下降し、これにより下部電極14の基板12を搭載するステージ表面から突き出ているリフトピンの頭のクリーニングが行われる。

【0048】より具体的には、好ましくは第1から第3のステップで構成される。第1ステップは、上部電極13と下部電極14の間隔が狭空間であり、かつVHF帯高周波の高電力領域で形成する高密度プラズマの状態で行われ、第2ステップは、上部電極13の下面(主面)から絶縁体リング58の下面まで下部電極14を降下させ、この状態でVHF帯高周波の高電力領域で形成する高密度プラズマのみで行われ、第3ステップは、下部電極14を最下位まで降下させ、VHF帯高周波の低電力領域で形成する低密度プラズマでクリーニングが行われる。なおVHF帯の高周波を利用してプラズマを生成するとき、電力を調整することによりプラズマの密度を調整することも可能である。

【0049】第1ステップと第2ステップでは、反応容器11の内面は絶縁体リング58で被われているので、高密度プラズマでクリーニングを行うことができる。第3ステップでは、反応容器11の内面が現れ、かつ反応容器11はアルミニウム合金で作られているため、低密度プラズマでクリーニングを行うようにしている。

【0050】上記クリーニング方法で第1ステップおよび第2ステップにおける高密度プラズマの密度はほぼ 1

$E11\text{ cm}^{-3}$ であり、第3ステップにおける低密度プラズマの密度はほぼ $1E10\text{ cm}^{-3}$ である。

【0051】なお上記のステップクリーニングで、ステップ数やどのようなタイミングでステップ降下を行うかについては、目的に応じて、装置に応じて任意に定めることができる。

【0052】本実施形態では、高周波電源32から供給されるVHF帯の高周波(代表的に60MHz)で高密度プラズマを生成している。プラズマの励起周波数を高くすることにより、通常、プラズマ密度を高くできることが知られているが、本実施形態によればプラズマ密度を高くすることでクリーニングガスの高次解離が促進している。その結果、酸化膜のエッチングに有効であるフラジカル量を多くすることができる。

【0053】本実施形態に係る大型のプラズマCVD装置の反応容器11では、従来の13.56MHzの代わりに例えば60MHzで3kWのプラズマ励起用高周波を供給する高周波電源32を搭載している。さらに、イオン衝撃による酸化膜のエッチング速度の向上を目的として400kHzでのバイアス印加プロセスのための低周波電源33も組み込んでいる。すなわち、本実施形態では、高周波の安定伝送を図るために、400kHzの低周波を上記高周波に重畳して上部電極13に印加している。

【0054】また上記プラズマCVD装置において、上部電極13と下部電極14の間の空間を狭空間として成膜を行うので、成膜における均一性を確保できる。狭空間成膜での均一性を確保するために、装置部品の精度向上が図られている。一般に基板12の表面上で成膜を均一に行うポイントは、均一なプラズマを生成すること、および下部電極14上での均一性の良いガス密度分布を作ること、である。この観点で、本実施形態によるプラズマCVD装置は、次の点の特徴を有する。

【0055】下部電極14のステージ上で均一性の良いガス密度分布を形成する。このプラズマCVD装置でも、ガス供給は、上部電極13に設けたシャワー部を通して行っている。下部電極14上でのガス密度分布均一性を決める第1の要因は、シャワー部のシャワー孔の配列にある。電極間隔は1cmでも均一ガス分子供給を可能とするため、シャワー孔間の距離を好ましくは4mmにしている。

【0056】ガス密度分布の均一性を決める第2の要因は下部電極14上で対称かつ均一なガス流を生成させることである。そのため、下部電極14の側部と反応容器11の内壁に設けた絶縁体リング58との間を5mmとする隘路71を設けている。この隘路71を設けることにより、当該隘路のガス流れコンダクタンスが小さくなる。従って、上部電極13と下部電極14の電極間空間におけるガス流れは、反応容器11の下部におけるコンダクタンス分布の影響を受けにくくなる。その結果とし

て、下部電極14の下側の反応容器壁に排気口を設けた側面排気であるにも拘わらず、電極間空間において対称性の良いガス流れを得ることができる。

【0057】成膜プロセスでのガスの流れについて説明する。上記視点に基づき、成膜プロセス時の電極間隔1cmの場合についてのみ、ガスの流れをシミュレートした状態を図4に示す。最初にガスとしてArガスを用いた場合の結果を示す。排気口での圧力を300Paと固定し、上部電極13のシャワー部から導入するガス流量を500sccmと変化させシミュレートした結果を示している。このシミュレーションから明らかなように、前述のごとく陥路71の間隔を好ましくは5mmとすることにより、渦等がないガス流れが得られていることが分かる。

【0058】上記において上部電極13と下部電極14は共に1E-4以上の純アルミニウムで作られているので、フラジカルによる腐食が小さくなる。

【0059】また上記第1ステップにおいて、HF帯高周波を利用して、上部電極13、下部電極14、絶縁体等の表面での電界を強く（バイアス印加）すると、イオン運動エネルギーの効果でクリーニング速度が増加させることができる。

【0060】なお具体的な実施例として、シリコン酸化膜を成膜するときには、プロセスガスとしてSiH₄、N₂O、希釈されたArが使用され、圧力が300Pa、基板温度が300℃の条件が設定される。またシリコン窒化膜を成膜するときには、プロセスガスとしてSiH₄、NH₃、N₂が使用され、圧力が300Pa、基板温度が300℃の条件が設定される。またクリーニングプロセスとしては、C₂F₆（パーフロロカーボン）、O₂が使用され、上記ステップクリーニングによってクリーニング速度が増大される。

【0061】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように本発明によれば次の効果を奏する。

【0062】例えば大型のプラズマCVD処理装置等で、クリーニング工程においてステップクリーニングを採用するようにしたため、クリーニングガスの利用効率を高めることができ、これにより排出ガス量を削減するこ

とができ、クリーニング速度を高めることができ、生産性を良好にし、プロセスガスの使用量を削減し、プロセスコストを低減することができる。特に、第1ステップと第2ステップにおいて高密度プラズマクリーニングによりC₂F₆の解離を高めることができるので、使用量を削減でき、地球温暖化問題の解決に役立たせることができる。また成膜チャンの上部電極の主面から所定距離まで絶縁体リングで被うようにしたため、成膜チャンバ内における内面への膜付着量を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るプラズマ処理装置の内部構造の縦断面図である。

【図2】本発明の実施形態に係るプラズマ処理装置の内部構造の他の状態を示す縦断面図である。

【図3】(A)は絶縁体リング58と成膜空間81との位置関係を部分的に示す図であり、(B)は絶縁体リング58が設けられた状態での成膜時における反応容器11のZ方向での膜付着の程度を示す。

【図4】成膜プロセスの際のガスの流れをシミュレートした状態図である。

【符号の説明】

11	反応容器
12	基板
13	上部電極
14	下部電極
31	プラズマ処理装置
32	高周波電源
33	低周波電源
35	上下動機構
36	制御部
58	絶縁体リング
71	陥路（または陥路領域）
81	成膜空間

【手続補正2】

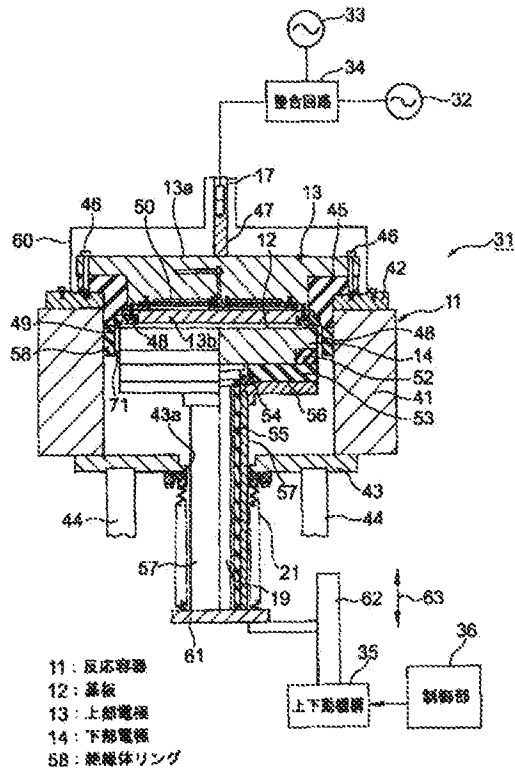
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】全図

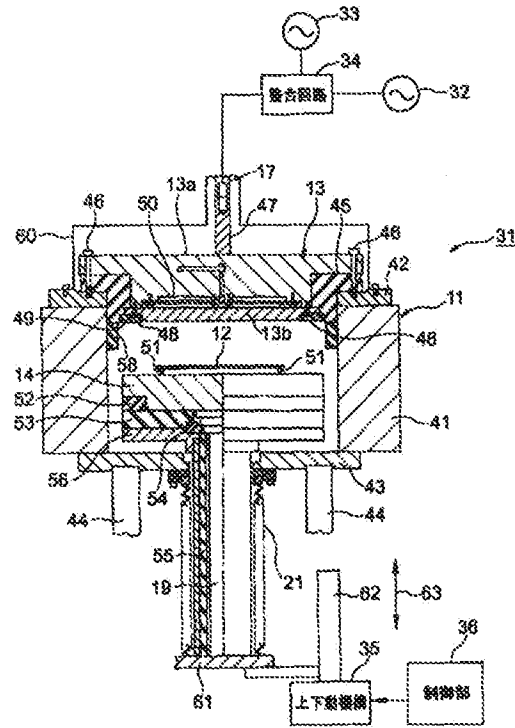
【補正方法】変更

【補正内容】

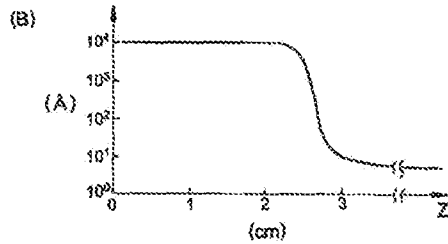
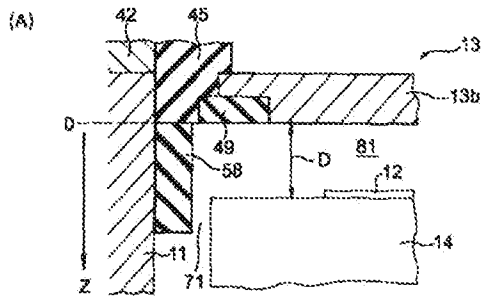
【図1】



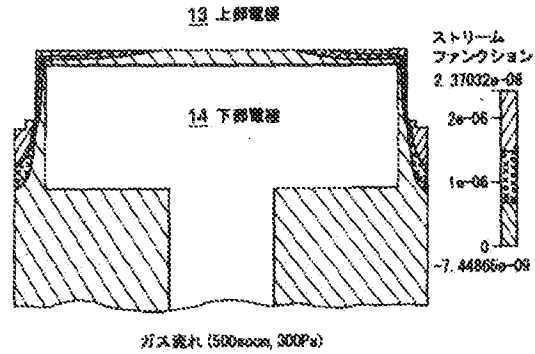
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4G075 AA24 AA57 AA61 BA01 BC04
CA24 CA25 CA57 CA62 CA65
DA02 DA18 EB01 EB42 EC02
EC10 EC13 EC21 ED13 FA02
FB02 FC09 FC11 FC15
4K030 DA06 FA03 JA00 JA03 KA19
KA30 KA46 LA02
5F004 AA15 BA07 BB11 BB29 BD04
CA03 CA05 DA02 DA26
5F045 AA08 AB32 AB33 AC01 AC12
AC16 AD07 AE21 BB02 BB15
DP03 DQ10 EB02 EB06 EC05
EF05 EH14 EH20 EM10 HA13